

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11317

研究課題名（和文）三次元CADモデルのアセンブリ構造を考慮した高精度な部分モデル検索に関する研究

研究課題名（英文）Study on Retrieval of 3D CAD Sub-models with Assembly Structure

研究代表者

片山 薫 (Katayama, Kaoru)

東京都立大学・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：00336520

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、様々な部品から構成されるCADモデル(アセンブリモデル)を対象として、その部分モデルを高い精度で検索する技術を開発した。ここでの部分モデルとは、比較するモデルを構成する部品の部分集合で構成されているだけでなく、その幾何学的な配置も一致しているものを意味する。さらに、同一形状であっても材質などの属性が異なるものは区別することができる。アセンブリモデルの三次元空間において様々な姿勢をとるため、本研究ではモデルを構成する部品を様々な角度から投影したものを特徴量として利用することで、そのような違いに対して頑健な方法となっている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

三次元CADモデルを対象とした検索方法に関する研究は様々な存在するが、アセンブリ構造を考慮した部分モデルの検索方法に関する研究は多くはなく、部品の形状と配置の違いについて本研究のように高い精度で区別する技術は見られない。三次元CADモデルにおける部品の配置アセンブリ構造には製品開発上のノウハウが含まれており、従来のモデルを再利用することにより、性能や安全性の高い製品を開発することができると期待される。

研究成果の概要（英文）：We develop the methods to find 3D CAD assembly models which contain or are contained in another assembly model given as a query from a database of assembly models. The methods can distinguish not only whether an assembly model consists of a subset of components constituting the query model but also whether the subset of components has the same geometric layout as the query model. The components which have the same shape but are made of different materials are also distinguished. In order to make the methods robust over differences in positions and orientations of assembly models, we use the projections of components from various angles.

研究分野：データ工学

キーワード：三次元CAD アセンブリ 部分検索 三次元ラドン変換 部品配置

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

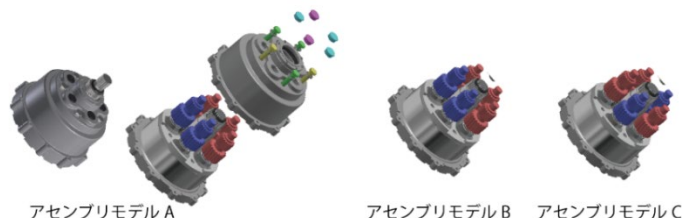
様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

三次元モデルを対象とした検索については、対象とする三次元モデルの表現形式や問い合わせとして与えられる情報の違いなどによってさまざまな研究が行われている。本研究では特に、様々な部品から構成された三次元 CAD アセンブリモデルを対象として、その形状だけではなくアセンブリ構造も考慮した部分モデルの研究を行う。三次元モデルのアセンブリ構造には製品開発上のノウハウが含まれており、既存のモデルを再利用することにより、よりよい製品を開発することができると思われる。本研究で主として対象とするアセンブリ構造は、CAD モデルを構成する部品の配置である。三次元 CAD モデルを対象とした検索方法についても既に多くの研究があるが、本研究で対象とするアセンブリ構造を考慮した部分モデルの検索方法に関する研究は多くはなく、部品の形状と配置の違いについて本研究の目標とする高い精度で区別する技術は見られない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、アセンブリモデル全体の形状、それを構成する各部品の形状と、各部品がアセンブリモデルの中でどのように配置されているか(アセンブリ構造の違い)の両方を考慮した部分モデル検索技術を開発することである。以下の図のアセンブリモデルモデル A は、左側はその外観、右側は内部の構成部品が見えるようモデルを分解した様子を示している。ここで部品の色はその材質を表しており、青色の部品と赤色の部品は同じ形状をしているが材質が違い、異なる部品である。アセンブリモデル B とアセンブリモデル C は、同じ形状と材質の部品が同じ数だけ含まれており全体の形状も同じであるが、青色の部品と赤色の部品は配置が異なっており、異なるアセンブリモデルである。モデル A は、モデル B、モデル C を構成する部品を全て含んでいるが、モデル C とは赤色と青色の部品の配置が一致しない。本研究では、モデル B はモデル A の部分モデルであるがモデル C は部分モデルではなく、クエリとしてモデル A が与えられた時モデル B は検索結果に含まれるがモデル C は含まれない。



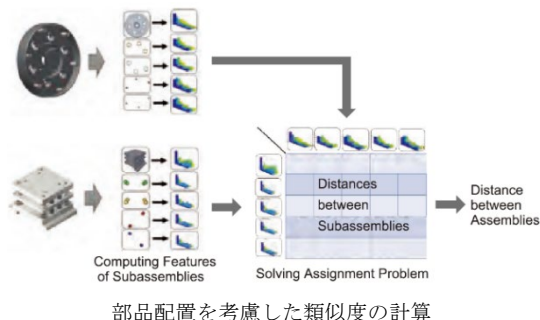
3. 研究の方法

本研究ではアセンブリモデルを様々な角度から投影することによって得られる特徴量を利用した部分モデル検索方法を開発した。投影はアセンブリモデルを構成する部品ごとに行うが、それらの和がアセンブリモデル全体の投影となるよう、モデル全体における各部品の位置に関する情報が含まれている。このような投影を利用してアセンブリモデルを比較することにより、モデル全体の形状、それを構成する部品の形状とその配置の違いを一度に識別することができる。様々な形状や部品配置を持つベンチマーク用のアセンブリモデルを作成し、開発した検索方法の精度と効率性を評価した。

4. 研究成果

(1) 部品配置を考慮したアセンブリモデルに対する類似度

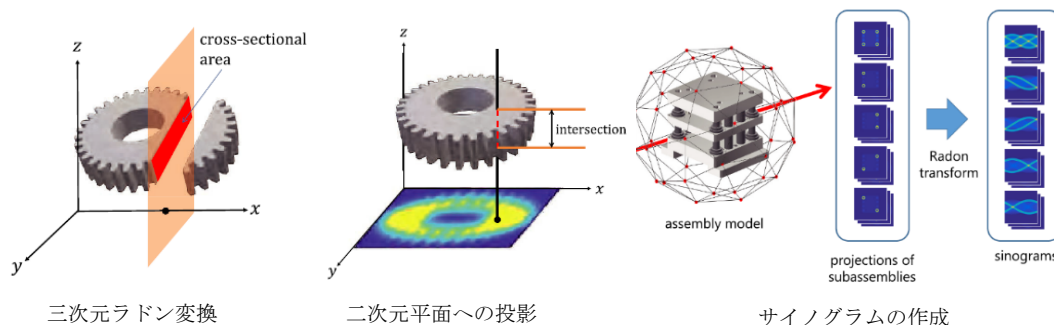
本研究において開発するアセンブリモデル検索システムでは、モデル全体やそれを構成する部品の形状だけでなく、材質などの部品の属性の違いとその幾何学的な配置の違いも識別する必要がある。そのため、同一の属性を持つ部品をまとめてサブアセンブリとし、サブアセンブリ間の類似度からアセンブリモデル間の類似度を計算する方法を開発した。



部品配置を考慮した類似度の計算

(2) 部品の形状と配置を反映したアセンブリモデルの特徴量

データベースに保管された個々のアセンブリモデルと問い合わせとして与えられるモデルの姿勢や位置は同じではないため、それらの違いを考慮した比較方法が必要となる。本研究では、モデルを構成する各部品を様々な角度から二次元平面に投影したものを二次元ラドン変換することによってえられるサイノグラムを利用する方法と、各部品を三次元ラドン変換したものを利用する方法を開発した。三次元ラドン変換を用いた部分モデル検索方法はサイノグラムを利用する方法に比べて大幅に効率的である。また、三次元ラドン変換と球面調和関数展開を利用して、問い合わせとして与えられたモデルと同一のモデルを検索する際に利用できる特徴量を開発した。



(3) 部品配置を考慮した部分モデル検索のための特徴量比較方法

本研究で開発した特徴量では、部分モデルの特徴量の値がそれを含むアセンブリモデルの特徴量の値よりも小さくなる。この性質を利用して、比較する二つのモデルの特徴量の差をサブアセンブリ単位で計算することにより、部品の配置も考慮しつつ二つのモデルの包含関係を確認する方法を開発した。また、サブアセンブリの特徴をそれに含まれる部品の特徴量を使って部分空間として表し、部分空間を比較することによってサブアセンブリ間の類似度を計算する方法を開発した。

(4) アセンブリモデルの形状表現に応じた投影方法

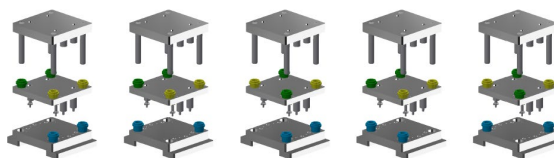
アセンブリモデルを構成する部品の投影を作成するアルゴリズムは、それらの形状が表現されるデータ形式に依存する。本研究では、三次元配列によって表現されたモデルに対する投影アルゴリズムと、ポリゴンで表現されたモデルに対する投影アルゴリズムを開発した。三次元配列を処理するアルゴリズムよりもポリゴンを処理するアルゴリズムの方が必要なメモリ量が少なく効率的である。

(5) 階層的な構造を持つアセンブリモデルに対する部分モデル検索方法

アセンブリモデルはその設計者によって多くの階層構造が与えられることがあるが、モデルが複雑な階層構造を持つ程その検索は難しくなる。本研究ではアセンブリモデルに対する三次元ラドン変換の結果からその位置や姿勢を推定することで、多くの階層構造を持つアセンブリモデルを対象とした部分モデル検索を効率化する方法を開発した。

(6) 部品配置の異なるベンチマーク用アセンブリモデルの作成

本研究ではアセンブリモデルやその部品の形状だけでなく、モデルを構成する部品の配置も考慮した部分モデル検索方法の開発であるが、そのような検索方法を評価するためのベンチマーク用アセンブリモデルを新たに作成した。



ベンチマーク用アセンブリモデルの例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kaoru KATAYAMA, Takashi HIRASHIMA	4. 巻 E103-D
2. 論文標題 A Retrieval Method for 3D CAD Assembly Models Using 3D Radon Transform and Spherical Harmonic Transform	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 992-1001
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2019DAP0010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kaoru KATAYAMA, Wataru SATO	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Subassembly Retrieval of 3D CAD Assembly Models with Different Layout of Components Based on Sinogram	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 777-787
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2018DAP0015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平島栄志, 片山薫
2. 発表標題 3次元ラドン変換を用いた多階層アセンブリモデルの検索手法
3. 学会等名 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平島栄志, 豊田啓介, 片山薫
2. 発表標題 3次元ラドン変換を用いた効率的なアセンブリモデルの部分検索手法
3. 学会等名 第12回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久米 貴大, 片山 薫
2. 発表標題 3次元アセンブリモデルを対象としたレイキャスト法に基づく投影方法とそれを用いた検索方法の開発
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長山 大輔, 片山 薫
2. 発表標題 球面調和関数を用いた部品配置の異なる3次元アセンブリモデルの検索手法
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊泉翔太郎, 平島栄志, 片山薫
2. 発表標題 アセンブリ構造をもったアニメーションCADモデルのレイアウト情報を考慮した検索
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山地陽太, 平島栄志, 片山薫
2. 発表標題 3DCADアセンブリモデルの部分空間に基づく部分一致検索
3. 学会等名 第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 3次元CADモデル部分検索方法	発明者 片山 薫	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-009110	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 3次元モデル検索システム	発明者 片山 薫	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-029878	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------